

## Studi alterasi hidrotermal daerah Karangbolong, Kabupaten Kebumen, Jawa Tengah

Firdaus Maskuri

Jurusan T. Geologi, Fakultas Teknologi Mineral UPN "Veteran" Yogyakarta

### Abstract

*Research area is located in the Karangbolong, about 15 km southern part of Gombong, administrative into Kecamatan ayah, Kabupaten Kebumen, Propinsi Jawa Tengah.*

*Stratigraphically Karangbolong area is dominated by volcanic rocks of Gabon Formation consisting of andesite lava, pyroclastic breccias and tuf breccias and than unconformity limestone of Kalipucang Formation. And andesite intrusive volcanic breccias of Gabon Formation.*

*The result indicated that this area shown two hydrothermal alteration zones. These zones are quartz-serisite/illite-pyrite Zone (Argillic Type) and Chlorite-carbonate-epidote Zone (Propylitic Type). Argillic alteration zone, indicate that appearance of quartz, calcedon, clay mineral (illite)-serisite and pyrite. Appearance of quartz, chalcedony, and adularia minerals indicated that this deposit formed on low temperature. Usually, the crustiform structure formed on low sulfides epithermal. Propylitic alteration zone, indicate that appearance of carbonate, chlorite and epidote. A large part this zone arranged by mineral association of Chlorite-quartz-carbonate (calcite)-adularia, sometimes a clay-epidotic-pyrite formed around 250°C.*

### Abstrak

*Daerah penelitian terletak 15 km di sebelah selatan kota Gombong, secara geografis terletak pada 2°36'52"BT - 2°39'50"BT dan 7°37'28"LS - 7°44'50"LS dan secara administratif termasuk Kecamatan Ayah, Kabupaten Kebumen, Propinsi Jawa Tengah.*

*Stratigrafi daerah Karangbolong tersusun oleh litologi batuan vulkanik Formasi Gabon yang terdiri dari lava andesit, breksi piroklastik dan breksi tufan dan tufa, kemudian tidak selaras di atasnya diendapkan batugamping Kalipucang serta satuan batuan andesit yang menerobos breksi vulkanik Formasi Gabon.*

*Hasil pembahasan menunjukkan bahwa daerah penelitian terjadi 2 zona alterasi hidrotermal yaitu Zone kuarsa-serisit/illit-pirit (Tipe argilik) dan Zone klorit-karbonat-epidot (Tipe propilitik). Zone alterasi argilik, ditandai hadirnya kuarsa, kalsedon, mineral lempung (illit)-serisit dan pirit. Kehadiran mineral kuarsa, kalsedon dan adularia menunjukkan endapan ini terbentuk pada kisaran temperatur yang rendah dan struktur crustiform umumnya terjadi pada epitermal sulfida rendah. Zona alterasi propilitik, ditandai hadirnya karbonat, klorit, epidot. Sebagian besar zona ini disusun oleh himpunan mineral klorit-kuarsa-karbonat (kalsit)-adularia, yang kadang disertai lempung-epidot-pirit yang terbentuk pada temperatur sekitar 250°C.*

Kata-kata kunci: alterasi, hidrotermal, Formasi Gabon

### PENDAHULUAN

Daerah penelitian terletak 15 km. di sebelah selatan kota Gombong, secara geografis terletak pada 2°36'52"BT - 2°39'50"BT dan 7°37'28"LS - 7°44'50"LS dan secara administratif termasuk dalam Kec. Ayah, Kabupaten Kebumen, Propinsi Jawa Tengah (Gambar 1).

Penelitian ini dimaksudkan untuk mempelajari alterasi hidrotermal yang terjadi di daerah penelitian ditinjau dari data hasil analisa petrografi dan kimia batuan.

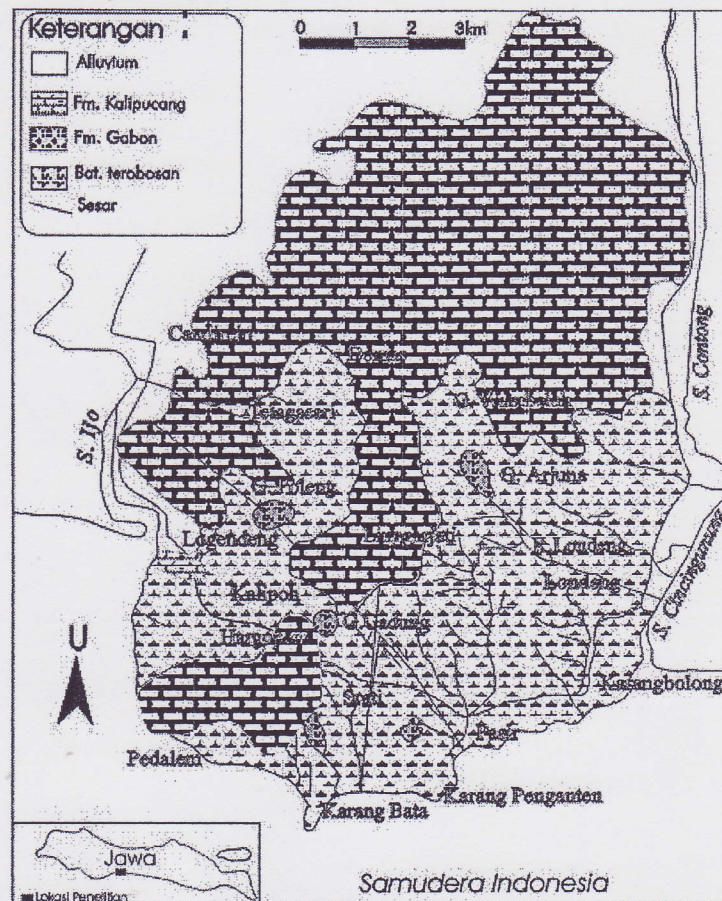
Alterasi hidrotermal merupakan proses kompleks yang meliputi perubahan secara mineralogi, kimiawi, dan tekstur yang dihasilkan dari interaksi larutan hidrotermal dengan batuan yang dilaluinya pada kondisi kimia fisika tertentu (Pirajno, 1992). Beberapa faktor yang berpengaruh pada proses alterasi hidrotermal adalah temperatur, kimia fluida, tekanan,

komposisi batuan induk, durasi aktifitas hidrotermal dan permeabilitas. Walaupun faktor-faktor tersebut saling terkait, namun faktor temperatur dan kimia fluida merupakan faktor yang dominan berpengaruh pada alterasi hidrotermal (Corbett dan Leach, 1996).

Alterasi dapat menghasilkan mineral bijih, namun demikian tidak semua batuan yang mengalami alterasi hidrotermal dapat menghasilkan mineral bijih. Beberapa alterasi dapat dibedakan dari kehadiran asosiasi mineral ubahan atau sekunder yang membentuk alterasi yang bersangkutan. Dengan kata lain setiap zonasi ditunjukkan oleh kandungan mineral alterasi yang spesifik.

Pengelompokan tipe alterasi hidrotermal pada suatu endapan telah banyak dilakukan oleh para ahli antara lain Meyer dan Hemley (1967), Lowell dan Guilbert (1970) serta Thomson (1996). Lowell dan Guilbert (1970) membagi tipe alterasi ke dalam: Potasik (K. feldspar, biotit, serisit, klorit, kuarsa), Filik (kuarsa,





Gambar 1. Lokasi daerah penelitian

serisit, pirit hidromika, klorit), Argilik (Kaolinit, montmorilonit, klorit), Propilitik (klorit, epidot).

Thomson dan Thomson (1996) membagi tipe alterasi untuk endapan epitermal sulfidasi rendah (*low sulphidation*) menjadi 6 tipe alterasi dengan beberapa zona himpunan mineral dan mineral kuncinya. Enam tipe alterasi yaitu : Silisik - Adularia, Serisitik, Argilik, Argilik Lanjut-Acid Sulphate, Silika-Karbonat, Propilitik - Alterasi Zeolitik.

## METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan yaitu sampling yang diambil dari hasil pemboran pada lubang bor KB 01. Kemudian hasil pemboran tersebut dianalisa secara megaskopis, baru dilakukan sampling sejumlah 35 contoh batuan, yang kemudian dilakukan sayatan poles dan sayatan tipis. Setelah disayat dianalisis petrografi dan mineralografinya.

## TATANAN GEOLOGI

### Struktur Geologi

Dari hasil pengamatan gejala struktur dan pengukuran kemiringan lapisan batuan, struktur geologi yang

berkembang di daerah penelitian adalah struktur sesar yang umumnya sesar mendatar G. Peleng, Sesar Londeng, Sesar Srati. Struktur sesar ini mempunyai arah umum Baratlaut-Tenggara sampai dengan Timurlaut-Baratdaya yang berkembang pada satuan batuan breksi vulkanik.

Di daerah penelitian urat-urat kuarsa dengan mineralisasi umumnya ditemukan mengisi struktur sesar. Gejala mineralisasi yang tersingkap berupa zona ubahan (*argilitisasi* dan *propilitisasi*) pada batuan-batuan breksi vulkanik Formasi Gabon. Sebelum terjadi mineralisasi yaitu pada periode Miosen Awal terjadi aktifitas magmatik dalam pembentukan busur dan aktifitas magma kembali terjadi pada Periode Miosen Akhir sampai Pliosen. Zona sesar yang terjadi pada mulanya diperkirakan merupakan rekahan tarik (*tension gash fracture*) yang diisi oleh larutan hidrotermal pembawa bijih emas. Zona rekahan ini berkembang menjadi sesar dan aktif sampai pembentukan urat kuarsa yang ditunjukkan oleh penggerusan (*breksiasi*) pada urat dan batuan samping. Zona gerusan (zona sesar) yang berkembang merupakan sesar mendatar diakibatkan oleh gaya kompresi sebagai gaya utamanya yang berarah relatif Utara-Selatan.



## Stratigrafi

Stratigrafi daerah penelitian tersusun dari satuan breksi vulkanik Formasi Gabon yang berumur Oligosen Akhir-Miosen Awal yang diterobos batuan andesit, kemudian secara tidak selaras di atasnya diendapkan Satuan batugamping Formasi Kalipucang. Stratigrafi daerah penelitian (Gambar 2).

**Satuan breksi-vulkanik Gabon.** Satuan ini menempati sebagian besar daerah penelitian di bagian selatan yang tersusun dari breksi piroklastik dengan komponen batuan terdiri dari andesit, tufa, lava andesit dengan bentuk butir menyudut sampai menyudut tanggung.

**Satuan batugamping Kalipucang.** Satuan ini disusun oleh batugamping terumbu, batugamping bioklastik dan sisipan batugamping pasir. Satuan ini terletak tidak selaras di atas satuan breksi vulkanik Gabon dan tersebar di bagian utara daerah penelitian.

**Satuan intrusi andesit.** Satuan ini tersingkap di tiga lokasi yaitu G. Gadung, G. Poleng, dan G. Arjuna yang menerobos satuan batuan vulkanik Gabon. Berdasarkan kondisi fisik batuan, keberadaannya yang mengintrusi satuan breksi gabon, atau sejarah tektoniknya maka intrusi ini serupa dengan intrusi andesit di daerah Cilacap di samping lokasinya yang sangat berdekatan maka umur satuan intrusi ini dibandingkan dengan umur batuan intrusi di daerah Cilacap. Berdasarkan hasil pentarikan radiometri

metode K-Ar maka umur intrusi antara 8,9 Ma dan 3 Ma (Soeria Atmadja, dkk, 1991).

## HASIL PEMBAHASAN

### Alterasi Hidrotermal

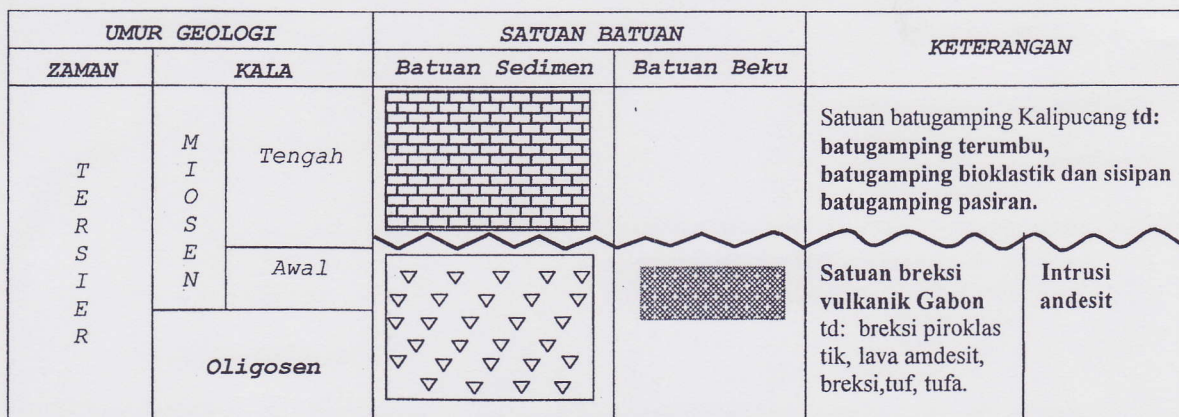
Hasil pengamatan sampel pemboran secara megaskopis menunjukkan bahwa dari 35 contoh batuan yang diambil dari lubang bor KB 01 dapat diidentifikasi bahwa batuan sampling pada umumnya terdiri dari batuan sedimen dari satuan breksi Gabon yang berupa breksi vulkanik, breksi tufaan, tufa lapili) serta batulempung, batupasir.

Berdasarkan himpunan mineral ubahan dengan mengacu pada klasifikasi Thomson dan Thomson 1996 (Tabel 3.1) maka alterasi hidrotermal yang terjadi di daerah penelitian terbagi dalam dua zona alterasi yaitu:

1. Zona kuarsa - serisit/illit - pirit (Tipe argilik)
2. Zona klorit - karbonat - epidot (Tipe propilitik).

#### 1. Zona kuarsa - serisit/illit - pirit (Tipe argilik)

Secara megaskopis, contoh inti bor KB 01 ini menunjukkan zona alterasi kuarsa, illit-pirit, yang ditunjukkan dengan adanya asosiasi urat kuarsa hadirnya mineral utama berupa kuarsa ( $\text{SiO}_2$ ), kalsedon ( $\text{SiO}_2$ ) yang bisa dihasilkan dari devitrifikasi abu vulkanik. adularia ( $\text{K}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ ). Mineral kuarsa, dan kalsedon, menunjukkan warna putih keabuan, amorf sebagian pecah-pecah dan berstruktur vuggy. Kuarsa membentuk cockade dan bertekstur *colloform* (Foto 3.1). Hadir pula mineral lempung,



Gambar 2. Stratigrafi Daerah Penelitian (penulis)

Tabel 3.1. Klasifikasi tipe alterasi dan himpunan mineral pada endapan epitermal sulfidasi rendah (Thomson dan Thomson, 1996).

Tipe Alterasi	Zone (Himpunan Mineral) (Cetak tebal merupakan mineral kunci)
Silisik	Kuarsa, kalsedon, opal, pirit, hematite
Adularia	Ortoklas (adularia), kuarsa, serisit-illit, pirit
Serisit, Argilik	Serisit (muskovit), illit-smektit, montmorilonit, kaolinit, kuarsa, kalsit, dolomit, pirit
Argilik Lanjut-Acid Sulphate	Kaolinit, alunite, kristobalit (opal, kalsedon), native sulphur, jarosit, pirit
Silika-Karbonat	Kuarsa, kalsit
Propilitik, Alterasi Zeolitik	Kalsit, epidot, wairakit, klorit, albit, illit-smektit, montmorilonit, pirit



serisit dan pirit, mineral pirit dalam bentuk diseminasi setempat teroksidasi tingkat lemah-sedang dan sebagian berpori. Adularia umumnya tidak tampak jelas, secara megaskopis karena mengisi ruang kosong diantara fragmen kuarsa, sedangkan mineral lempung tampak berwarna abu-abu kecoklatan sampai putih kekuningan.

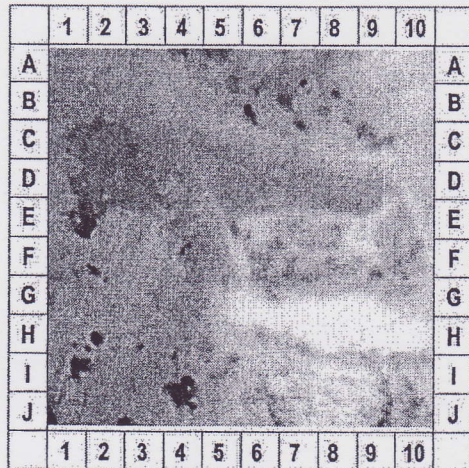


Foto 1. Urat kuarsa dengan fragmen kuarsa berbentuk *cockade* (C-H, 3-7) dengan struktur *vuggy* (C-D, 2-3), *encrustiform* (I-j, 6-7) terlihat himpunan mineral kuarsa (D-I, 8-10), kalsedon (E-J, 1-3).

Secara mikroskopis, urat kuarsa dengan zona kuarsa serisit-pirit memperlihatkan warna abu-abu sampai putih kekuningan terdiri dari kuarsa dengan pepadaman bergelombang, anhedral, saling mengunci dan memiliki struktur mosaik.

- ❖ Kalsedon memiliki sifat optis mirip kuarsa tetapi biasanya berstruktur agregat dan halus kadang berbentuk radial atau berlapis dan biasanya relief lebih tinggi dari kuarsa.
- ❖ Adularia ( $K_2Al_2Si_2O_8$ ) memiliki sifat optis seperti ortoklas, berwarna abu-abu dan berelief rendah. Pada nikol sejajar adularia tampak tidak berwarna dan keberadaannya mengisi pori (Foto 3.2). Adularia terbentuk pada temperatur rendah ( $150^\circ\text{C}$ ), dan umumnya saling tumbuh (*intergrowth*) dengan kuarsa dan kalsit dengan mengisi ruang kosong di antara kuarsa.

Lingkungan pembentukan adularia biasanya pada batuan sampling di sekitar urat, mengisi rekahan dan pada zona permeabel. Umumnya terbentuk pada kedalaman sedang-dangkal, pada lingkungan epitermal atau sistem geothermal. Adularia, kuarsa dapat mengganti mineral induk sepanjang pinggir urat dan satuan batuan yang permeabel. Menurut Thomson (1996), zone ini termasuk dalam alterasi argilik, yang ditandai dengan hadirnya kuarsa dan kalsedon serta mineral lempung (*illit*)-serisit dan pirit (lihat Tabel 3.1)

Kehadiran mineral kuarsa, kalsedon dan adularia menunjukkan endapan ini terbentuk pada kisaran tempe-

ratur yang rendah (Kerr, 1959), struktur *crustiform* umumnya terjadi pada epitermal sulfida rendah (White dan Hedenquist, 1995). Sedangkan struktur *vuggy* diakibatkan oleh adanya pelepasan asam pada  $\text{pH} < 2$  (Stoffregen, 1987 dalam White dan Hedenquist, 1995).

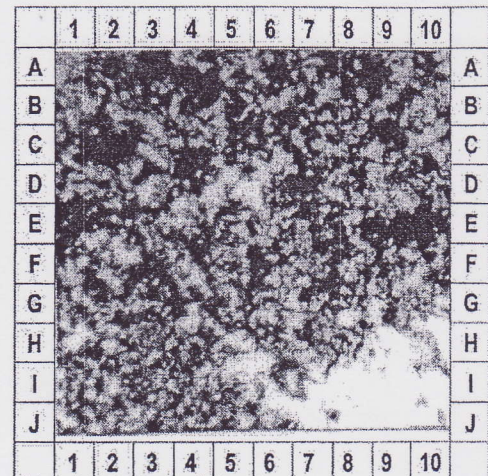


Foto 3.2. Sayatan urat kuarsa dengan himpunan mineral kuarsa, (putih G-J, 8-9), kalsedon (abu-abu, A-C, 6-10) dan adularia (abu-abu gelap A-C), 1-2 nikol silang, M40x.

## 2. Zona klorit - karbonat - epidot (Tipe propilitik)

Hasil pemetaan geologi (alterasi) zona ini dijumpai pada satuan breksi vulkanik Gabon. Berdasarkan analisis megaskopis terhadap conto inti bor KB 01, zona ini hadir menempati daerah sempit, dan umumnya berada di bagian luar dari zona alterasi argilik. Zona ini memperlihatkan warna abu-abu kehijauan, tersusun oleh mineral klorit, epidot, kuarsa, kalsit, karbonat dan pirit dalam bentuk diseminasi teroksidasi lemah mengisi rekahan.

Hasil analisis petrografi dari semua conto inti bor KB 01, muncul mineral karbonat, klorit serta epidot. Hal ini menunjukkan bahwa zona ini termasuk dalam zona alterasi klorit-karbonat-epidot. Pada pengamatan nikol silang, zona ini memperlihatkan warna abu-abu kecoklatan, tekstur piroklastik, struktur *shatter crack* dan *glass shards*, fragmen *anhedral-subhedral*, karbonat sebagai semen adularia mengisi ruang kosong atau pori, kemas terbuka dan sortasi sedang. Komposisi mineral yang hadir terdiri dari mineral primer berupa plagioklas dan mineral opak, mineral sekunder berupa kalsit, kuarsa, epidot, adularia, klorit, serisit dan lempung.

Berdasarkan urutan pembentukan dan stabilitas mineral ubahan yang hadir, zona alterasi ini sebagian besar disusun oleh himpunan mineral klorit-kuarsa-karbonat (kalsit)-adularia, yang kadang disertai lempung-epidot-pirit. Menurut Creasey (1966), Pirajno (1992), Thomson dan Thomson (1996), Anonim (1997), zona alterasi ini termasuk tipe alterasi propilitik dengan temperatur pembentukan sekitar  $250^\circ\text{C}$  (Hedenquist dan Houghton, 1988).



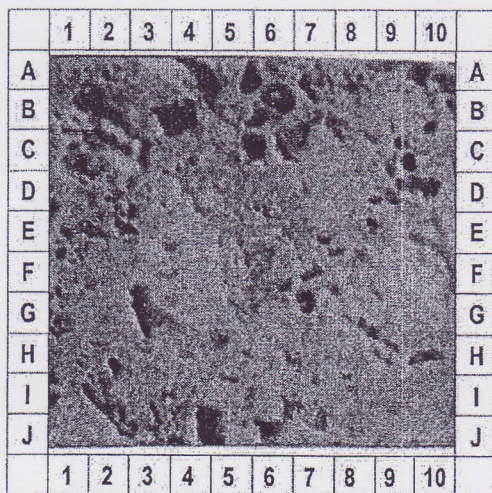


Foto 3.3. Zona gerusan dengan himpunan mineral dan lempung (G-H, 9-10), kuarsa (E-G, 7-8) yang berstruktur *vuggy*.

Alterasi propilitik ini biasanya disebabkan oleh larutan hidrotermal yang banyak mengandung Ca, H<sub>2</sub>O dan CO<sub>2</sub> serta sedikit H<sup>+</sup> (Pirajno, 1992). Kehadiran mineral karbonat (kalsit, klorit dan adularia) menunjukkan bahwa pH fluida mendekati netral (Corbett dan Leach, 1993, White dan Hedenquist, 1995). Alterasi ini umumnya terjadi secara regional di sekitar sistem epitermal dan geothermal (Held et al, 1987, Thomson dan Thomson, 1996).

Berdasarkan uraian di atas, terdapat 2 tahap alterasi hidrotermal di daerah penelitian (Tabel 3.3) sbb:

1. Diawali dengan naiknya larutan hidrotermal yang bereaksi dengan batuan sampling, membentuk zona kuarsa kalsedon, pirit yang *over print* dan *envelope* dengan adularia dan serisit dalam bentuk urat dan zona gerusan membentuk **alterasi argilik**.
2. Tahap terakhir dicirikan dengan kehadiran mineral karbonat, kalsit, klorit dan epidot, membentuk **alterasi propilitik**.

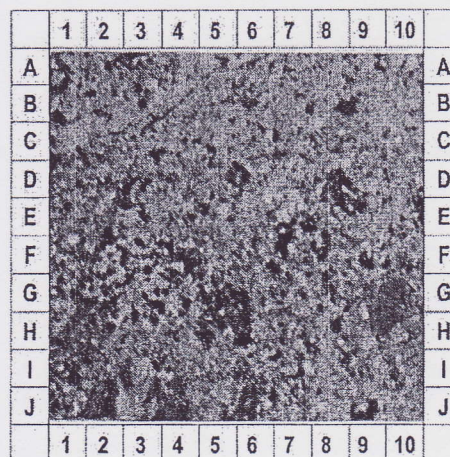


Foto 3.4. Himpunan mineral karbonat, klorit dan kuarsa pada breksi vulkanik.

Tabel 3.2. Tahap pembentukan mineral alterasi daerah penelitian

MINERAL ALTERASI	TAHAP ALTERASI	
Kuarsa		
Kalsedon		
Adularia		
Serisit		
Karbonat/kalsit		
Klorit		
Epidot		
Pirit		
Zona Alterasi	qz-chal-py overprint/envelope dgn ad-ser	carb-chi-ep
Tipe Alterasi	Argilik	Propilitik

**Keterangan:**

————— Mineral utama  
 ..... Mineral tambahan  
 qz (kuarsa), chal (kalsedon) ad (adularia), ser (serisit)  
 car (karbonat), chl (klorit) ep (epidot)

Tabel 3.3. Hasil analisis alterasi hidrotermal berdasarkan data bor pada KB 01 adalah :

Titik	Kedalaman	Batuan	Alterasi	
Bor	(m)	Teralterasi	Zona	Tipe
KB.01	0-64,5	Urat stockwork	py-qz-chal-kal	Argilik
	64,5-78,6	Andesit	py-chl-qz	
	78,6-124,4	Breksi	py-kal-qz-chal	
	124,4-127,2	Breksi	az-py-cpy	
	127,2-143,5	Dasit	py-qz	
	143,5-150,0	Andesit	qz-py-cpy	
	150,0-185,3	Breksi	py-qz-kal	
	167,0-168,0	Andesit	py-qz-chl-kal	
	170,5-173,1	Urat kuarsa	qz-py-cpy	
	185,3-292,7	Andesit	py-qz-chl	
	218,9-227,0	Andesit	qz-py-cpy	Propilitik
	227,0-239,5	Andesit-tuf	qz-py-kal	
	239,5-291,0	Andesit	py-qz-cpy-chl	

**Keterangan :**

Qz : Kuarsa, Chal : Kalsedon, Kal : Kalsit  
 Cpy : Kalkopirit, Py : Pirit, Ep : Epidot  
 Chl : Klorit, Kpy : Kalkopirit.



Alterasi propilitik ini biasanya disebabkan oleh larutan hidrotermal yang banyak mengandung Ca, H<sub>2</sub>O dan CO<sub>2</sub> serta sedikit H<sup>+</sup> (Pirajno, 1992), kehadiran mineral karbonat (kalsit), klorit dan adularia menunjukkan bahwa pH fluida mendekati netral (Corbett dan Leach, 1993, White dan Hedenquist, 1995).

Alterasi ini umumnya terjadi secara regional di sekitar sistem epitermal dan geothermal (Held et al, 1987, Thomson dan Thomson, 1996).

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan dapat disimpulkan bahwa :

1. Daerah penelitian telah terjadi 2 zona alterasi hidrotermal yaitu :Zona kuarsa-serisit/illit-pirit (Tipe argilik), dan Zona klorit-karbonat-epidot (Tipe propilitik).
2. Zona alterasi argilik, ditandai hadirnya kuarsa, kalsedon, mineral lempung (*illit*)-serisit dan pirit. Kehadiran mineral kuarsa, kalsedon dan adularia menunjukkan endapan ini terbentuk pada kisaran temperatur yang rendah dan struktur *crustiform* umumnya terjadi pada epitermal sulfida rendah.
3. Zona alterasi propilitik, ditandai hadirnya karbonat, klorit, epidot. Sebagian besar zona ini disusun oleh himpunan mineral klorit-kuarsa-karbonat (kalsit)-adularia, yang kadang disertai lempung-epidot-pirit yang terbentuk pada temperatur sekitar 250° C.
4. Ada dua tahapan alterasi hidrotermal diawali dengan naiknya larutan hidrotermal yang bereaksi dengan batuan sampling, membentuk zona kuarsa kalsedon, pirit yang *over print* dan *envelope* dengan adularia dan serisit dalam bentuk urat dan zone gerusan membentuk *alterasi argilik*. Tahap terakhir dicirikan dengan kehadiran mineral karbonat, kalsit, klorit dan epidot, membentuk *alterasi propilitik*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Corbett, G.J., Leach, T.M., 1996. Southwest Pacific Rim Gold Copper System, Structure, Alteration and Mineralization., *manual for exploration workshop* presented at Jakarta, p.186.
- Craig, J.R., Vaughan, D.J., 1981. *Ore microscopy and ore petrography*., John Wiley and Sons., New York, 406 hal.
- Guilbert, G.M. Park, C.F., 1986. *The Geology of Ore Deposits*., W.H.Freeman and Company., New York., 985 hal.
- Heald, P., Foley, N.K. and Hayba, D.O., 1987. Comparative Anatomy of Volcanic-hosted Epithermal Deposits: Acid Sulphate and Adularia-sericite Types: *Economic Geology*, v.82, 1-26 hal.
- Hedenquist, J.W., Houghton, B.F., 1988. *Epithermal Gold Mineralization and its Volcanic Environments*., Mt. Mangani, Sumatra, Indonesia., 415 hal.
- Jensen, M, L., Batemen, A.M., 1981. *Economic Mineral Deposits*, Revised Printing., John Wiley and Sons, New York., 593 hal.
- Kerr, P.F., 1959. *Optical mineralogy*., Third Edition., Mc.Graw-Hill Book Company, Inc., New York Toronto, London, Kogakusha Company,inc., Tokyo., 442 hal.
- Meyer, C. and Hemley, J.J., 1967. *Wallrock alteration*, in Barnes, H.L., ed., *Geochemistry of Hydrothermal Deposits*, New York, Holt, Reinhart and Winston, p. 166-235.
- Pirajno, F., 1992. *Hydrothermal Mineral Deposits, Principles and Fundamental Concepts for the Exploration Geologist*., Springer-Verlag., New York., hal. 100-215.
- Soeria Atmadja R., Maury, R.C., Bellon, H., Pringgoprawiro, H., Polve, M., and Priadi, B., 1991. The Tertiary Magnetic Belts in Java. In; Utomo, E.P., Santoso, H., and Sopaheluwakan, J., eds., *Dynamic of Subduction and its products*. R&D Centre for geotechnology, *Indonesia Institute of Science* Bandung., hal.99-119.
- Sumantri, T.A.F., Hartono, T., 1998. Studi Pendahuluan Mineralisasi Hidrotermal di daerah Gombong Selatan, Kabupaten Kebumen, Jawa Tengah. *Laporan Teknis* No. 02/01.6315/SDMAT/III/1998.
- Taylor, R.G., 1996. *Ore Textures, Recognition and Interpretation, Alteration Textures*, James Cook University, North Queensland-Australia., 58 hal.
- Thomson, A.J.B., Thomson, J.F.H., 1996. Atlas of Alteration, a Field and Petrographic Guide to Hydrothermal Alteration Minerals., *Geological Association of Canada*., 116 hal.
- White, N.C. and Hedenquist, J.W., 1995. Epithermal Gold Deposits: Styles, Characteristics and Exploration, *SEG News Letter* No.23, Society of Economic Geologists.